

На правах рукописи

Аксенова Наталья Петровна

**УРБАНОФЛОРА ЭДАФОФИЛЬНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
И ЦИАНОПРОКАРИОТ г. ИЖЕВСКА**

Специальность 03.02.01 - ботаника

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Казань – 2010

Работа выполнена на кафедре ботаники и экологии растений
ГОУ ВПО «Удмуртский государственный университет».

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор
Баранова Ольга Германовна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор
Любарский Евгений Леонидович

кандидат биологических наук, доцент
Суханова Наталья Викторовна

Ведущая организация:

ФГОУ ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия»
(г. Киров)

Защита диссертации состоится «18» ноября 2010 г. в 14 часов 30 минут на заседании диссертационного совета ДМ 212.081.19 при ФГОУ ВПО «Казанский (Приволжский) Федеральный университет» по адресу: 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18, главное здание, ауд. 211.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах с подписями, заверенными гербовой печатью, просим направлять по адресу: 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18, ПФУ, диссертационный совет ДМ 212.081.19.

Факс: (843) 238-76-01; e-mail: attestat.otdel@ksu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского Казанского (Приволжского) Федерального университета по адресу: г. Казань, ул. Кремлевская, 35.

Автореферат разослан

октября 2010 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент



Р. М. Зелеев

Актуальность исследования: Процесс урбанизации в современном мире - одна из важнейших проблем, имеющих глобальный характер. Функционирование почвенного покрова урбанизированных территорий в привлекает пристальное внимание исследователей. Эдафотрофные цианобактериально-водорослевые ценозы (ЦВЦ) - весьма значимый компонент наземных экосистем, поскольку они составляют автотрофную часть почвенной биоты (Штина, Голлербах, 1976; Дубовик, 1998; Уразбаева, 2007). Повсеместное присутствие водорослей и цианопрокариот, тот факт, что их реакция на широкий спектр изменений в окружающей среде сходна с реакцией высших растений, позволяет использовать их для диагностики происходящих изменений (Москвич, 1973; Metting, 1981; Pipe, Schubert, 1984; Штина, 1990; Кабиров, 1993, 1995). Особенно интересную в этом смысле группу представляют водоросли и цианопрокариоты урбанизированных территорий. Установлено, что они характеризуются высокой степенью толерантности к разным видам антропогенного воздействия (Кабиров, Минибаев, 1976; Кабиров, Шилова, 1990, 1994; Германова, 1995; Суханова, 1996; Кузнецова, 2006 и др.).

Изучение флоры имеет существенное значение в выявлении закономерностей структуры и функционирования сообществ водорослей и цианопрокариот. Урбанов флора, в свою очередь, является важным элементом, играющим значительную роль в формировании региональной флоры в целом. Для исследования урбанов флоры необходимо выявление путей ее формирования, современного состояния, раскрытие основных динамических тенденций, но главным является наиболее полное выявление ее видового состава. В альгологическом отношении территория Удмуртской Республики вплоть до начала 1990-х годов оставалась малоизученной. Поэтому наши исследования носили, в основном, флористический характер и были направлены на возможно более полное выявление водорослей, приуроченных к различным типам почвенно-растительного покрова в городе.

Цель и задачи исследования: Выявление видового состава и основных закономерностей формирования урбанов флоры эдафотрофных водорослей и цианопрокариот г. Ижевска. Для этого были поставлены и решены следующие задачи:

1. Инвентаризация систематического состава и выявление основных качественных характеристик ценофлор эдафотрофных водорослей и цианопрокариот в различных типах городских местообитаний;

2. Инвентаризация систематического состава и выявление основных качественных характеристик ценофлоры эдафотрофных водорослей и цианобактерий в лесных экосистемах окрестностей г. Ижевска;

3. Проведение сравнительного анализа систематической и экобиоморфной структуры ценофлор в местообитаниях с различным характером действия факторов урбанизированной среды и лесных экосистемах окрестностей города;

4. Изучение пространственной дифференциации урбанотрофной и установление основных закономерностей распределения эдафотрофных водорослей и цианобактерий в г. Ижевске.

Научная новизна: Впервые определен видовой состав урбанотрофной эдафотрофных водорослей и цианобактерий г. Ижевска. Составлены видовые списки флоры эдафотрофных водорослей и цианобактерий г. Ижевска (259 видов и внутривидовых таксонов) и флоры лесных сообществ окрестностей г. Ижевска (140 видов и внутривидовых таксонов). Охарактеризованы таксономическая и экобиоморфная структуры урбанотрофной; описаны изменения, происходящие в различных типах антропогенных неозокотопов. Качественный анализ позволил проследить закономерности формирования флоры водорослей и цианобактерий в г. Ижевске.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Флора эдафотрофных водорослей и цианобактерий г. Ижевска характеризуется высоким видовым разнообразием и сопоставима по его уровню с альгофлорами городов Европейской части России.

2. Урбанотрофа эдафотрофных водорослей и цианобактерий г. Ижевска практически утратила особенности, характерные для альгофлор лесных почв зонального типа и обнаруживает сходство с зональными альгофлорами лесостепных и степных почв.

3. Ценофлоры городских типов местообитаний, в которых преобладает рекреационное воздействие, сохраняя некоторые зональные особенности, приобретают «лесостепные» и «степные» черты.

4. Ценофлоры городских типов местообитаний, в которых ведущим является техногенное воздействие, полностью утрачивают зональные особенности и приобретают черты азональности.

5. Наибольшая степень жизненного преуспевания в условиях городской среды характерна для цианобактерий, нитрофильных зеленых водорослей, а также видов-убиквистов.

Апробация работы: Основные результаты работы были представлены на V и VI рабочих совещаниях по сравнительной флористике (Ижевск, 1998; Сыктывкар, 2003), Пятой Международной Европейской конференции по экотоксикологии и защите окружающей среды SECOTOX-99 (Мюнхен, 1999); 4-й Республиканской научной конференции «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан» (Казань, 2000), 14-й Коми Республиканской молодежной научной конференции (Сыктывкар, 2000), 11-м Международном симпозиуме по биоиндикаторам (Сыктывкар, 2001), 5-й Российской университетско-академической научно-практической конференции (Ижевск, 2001), Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы аграрной науки и пути их решения» (Ижевск, 2005), семинарах кафедры общей экологии УдГУ (1997-2007), заседаниях Удмуртского регионального отделения Русского Ботанического Общества (2003-2010); школе-семинаре по сравнительной флористике (Рязань, 2010); Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Э.А. Штиной «Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах» (Киров, 2010).

Практическая значимость: Впервые проведена инвентаризация флоры эдафотрофных водорослей и цианопрокариот города Ижевска, результаты которой могут быть использованы при проведении экологически ориентированных мероприятий в зоне Ижевской системы расселения. Результаты работы используются при составлении Кадастра низших растений и цианопрокариот Удмуртской Республики. На основании материалов диссертации начата подготовка Определителя почвенных водорослей и цианопрокариот Удмуртской Республики. Некоторые разделы настоящего исследования вошли в научный отчет «Ботанико-дендрологическое и лесопатологическое обследование Парка культуры и отдыха им. Кирова в г. Ижевске» (1997-2001). Сведения о местообитаниях и встречаемости отдельных видов водорослей и цианопрокариот можно использовать при региональной оптимизации особо охраняемых природных территорий, расположенных в лесных сообществах окрестностей г. Ижевска. Полученные сведения используются в учебном процессе при преподавании курсов по экологии, урбаноэкологии, альгологии и биоиндикации. Материалы диссертационной работы вошли в курс лекций по дисциплине «Экология водорослей» и используются для проведения лабораторных занятий со студентами специальности «Экология» в Удмуртском государственном университете. Результаты работы могут попол-

нить программы курсов по систематике и экологии низших растений, биологии и экологии почв.

Организация, объем исследований и личный вклад автора: Исходные материалы диссертационной работы получены лично автором в ходе полевых и камеральных исследований в период с 1997 по 2009 гг. Были проведены рекогносцировочные и маршрутные исследования, отбор и культивирование почвенных образцов (97%), определение и фотографирование водорослей, а также работа с научной литературой и обработка результатов исследований.

Публикации: По теме диссертации опубликованы 15 работ, из них 3 – в периодических изданиях, входящих в Перечень ВАК РФ.

Объем и структура диссертации: Текст диссертации изложен на 222 страницах, в том числе - 150 страниц основного текста, содержит 17 таблиц и 18 рисунков. Работа состоит из введения, 6 глав, выводов, 4 приложений, списка литературы, включающего 378 источников, в том числе: 16 – ресурсы сети Интернет и 58 – на иностранных языках.

Содержание работы

ГЛАВА 1. ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ФЛОР ПОЧВЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОПРОКАРИОТ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ, ИХ АНАЛИЗУ И ИНДИКАЦИОННОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ (Обзор литературы)

Рассматриваются особенности урбанизированных территорий, различные подходы к функциональному зонированию территории города (Мерфи, 1972; Клауснитцер, 1990; Лаппо, 1997). Приводятся сведения о важнейших особенностях и функциях городских почв, которые определяют возможности развития в них сообществ микроорганизмов (Беспалов, 1986; Громов, Павленко, 1989; Костюкевич, Скворцов, 1991; Милько, Егоров, 1991; Ившина и др., 1995; Куличева и др., 1996). Обсуждаются экологические особенности эдафотрофных водорослей и цианопрокариот и их роль в сообществах. Приводится обзор литературы по истории изучения альгофлоры урбанизированных территорий (Горовиц-Власова, 1927; Рихтер, Орлова, 1928; Сологуб, Толстых, 1928; Голлербах, 1936; Матвиенко, 1958; Андросова, 1964; Коблова, Румянцева, 1968; Москвич, 1973; Кабиров, 1983, 1986, 1992; Патова, Сивков, 2000 и др.). Подчеркивается, что на урбанизированных территориях формируются своеобразные сообщества водорослей и цианопрокариот, различающие-

ся по видовому разнообразию, составу доминантных комплексов, экологической структуре (Штина, 1986; Шкундина, Захарова, 2002; Дубовик, 2005). Отмечается, что качественный состав и количественные характеристики альгофлор определяются зональными особенностями, фитоценоотическими условиями, а также характером и интенсивностью антропогенного воздействия. Рассматривается влияние рекреационного использования (Алексахина, 1984; Суханова, 1995; Сугачкова, 1998, 2000; Хайбуллина, 1998; Kabirov et al., 2000; Кузнецова, 2006; Рахматуллина, 2008), воздействие городского транспорта (Москвич, 1974; Кузяхметов, Делидон, 1994; Кабиров, Суханова, 1997; Кузнецова 2005), влияние промышленного освоения территории (Ханисламова, Кабиров, 1991; Кабиров, Шилова, 1994; Суханова, 1995; 1996; Шарипова, Дубовик, 1995) и складирования твердых бытовых отходов (Штина, Голлербах, 1976; Упитис, 1983; Кабиров, 1990; Суханова, 1996). Обсуждаются возможности использования почвенных водорослей и цианопрокариот для ранней диагностики состояния экосистемы в целом (Кабиров, 1995; Суханова, 1995; Штина и др., 1998; Ciubuc, 2005; Домрачева и др., 2006; Hallgrimsson, 2006; John, 2008.). Обосновывается выбор теоретико-методических основ сравнительно-флористических исследований, применимых для анализа урбанофлор эдафотфильных водорослей и цианопрокариот (Толмачев, 1974; Новичкова-Иванова, 1980; Юрцев, 1981; Чичев, 1981; Шмидт, 1984; Гецен, 1985; Ильминских, 1988, 1994; Бурда, 1991; Хмелев, Березуцкий, 1995; Панасенко, 2003, 2004; Панин, 2005; Кузяхметов, 2006).

ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Город Ижевск (56°50' с. ш., 53°15' в. д.), столица Удмуртской Республики (УР), расположен в восточной части Восточно-Европейской равнины, в междуречье Камы и Вятки. Площадь - 333,2 кв. км, население - 645,4 тыс. чел. Ведущие отрасли народного хозяйства - теплоэнергетика, черная металлургия, машиностроение. Климат умеренно-континентальный, годовое количество осадков в городе 508 мм, это в среднем на 60-70 мм больше, чем в его окрестностях (Климат Ижевска, 1996). Зональными типами почв являются дерново-подзолистые (Кузнецов, 1994; Пермиков, 1995; Ефремов, 1998; Рылова, 2003). Согласно «Геоботаническому районированию Нечерноземья ...» (1980) г. Ижевск находится в пределах Камско-Печерско-Западноуральской подпровин-

ции Урало-Западносибирской таежной провинции Евразийской таежной области. Территория города располагается на естественном рубеже – границе полос сложных еловых и широколиственно-еловых лесов в пределах подтайги (Баранова, 2002; Баранова и др., 2010). Естественные леса города и его окрестностей - хвойно-широколиственные, в основном пихтово-елово-липовые (Ефимова и др., 1972; Растительность ..., 1980). Растительность, распространенную в городе и окрестностях, можно объединить в следующие группы (Ильминских, Черенкова, 1995; Ильминских, 1996): леса водоразделов и склонов; суходольные луга; растительность водоемов и непойменных болот; растительность речных пойм; растительность лесопарков, парков и садов; рудеральная растительность; сорная растительность.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для настоящей работы послужили результаты альгологических исследований 530 усредненных (каждый из 5 индивидуальных проб) и 170 индивидуальных почвенных образцов, отобранных в течение вегетационных сезонов за период с 1997 по 2007 гг. На территории г. Ижевска были выбраны для исследования несколько типов местообитаний, экологическое своеобразие которых зависит от антропогенных форм их использования (Blume, 1978; Биоиндикация загрязнений..., 1988; Суханова, 1996; Кузнецова, 2006). В качестве таковых были исследованы:

1. Парки, лесопарки и посадки лесных культур в черте города;
2. Жилые кварталы с застройкой малой и большой этажности;
3. Газоны и обочины автодорог; трамвайные и железнодорожные пути;
4. Территории промышленных предприятий.

Кроме того, в работу были включены оригинальные данные автора по ценофлоре лесных экосистем окрестностей г. Ижевска (Завьяловский район УР), которая условно была принята нами в качестве эталонной, и где было отобрано 140 почвенных образцов.

Видовой состав изучался в почвенных культурах со «стеклами обростания» и в водных вытяжках из исследуемой почвы (Голлербах, Штина, 1969). Для каждого вида определялись такие показатели, как обилие, встречаемость, активность. Для подсчета обилия использовали 6-балльную шкалу (Кузяхметов, Дубовик, 2001). Виды, имеющие 4 балла и более, относили к доминантным; виды, встреченные только в од-

ном сообществе в течение нескольких вегетационных сезонов, считали специфичными (Новичкова-Иванова, 1967; Штина, Голлербах, 1976 и др.). Отделы расположены по системе, принятой в справочнике «Водоросли» (Вассер, 1989), с учетом номенклатурных изменений для *Cyanoprocarvota* (Komarek, Anagnostidis, 1989, 1995, 1998). Номенклатура *Bacillariophyta* приводится в соответствии со сводкой F. Round et al. (1990). Распределение и номенклатура *Xanthophyta* приводится по системе А.М. Матвиенко и Т.В. Догадиной (1978) с некоторыми уточнениями по Н. Ettl (1978). Система *Chlorophyta* дана по Н.А. Мошковой, М.М. Голлербаху (1986) и В.М. Андреевой (1998). Состав экибиоморф определялся по классификации Э.А. Штиной (Штина, Голлербах, 1976; Алексахина, Штина, 1984).

При проведении флористического анализа использовались приемы и методы, общепринятые в сравнительно-флористических исследованиях сосудистых растений, а также водорослей и цианопрокариот (Толмачев, 1974; Юрцев, Семкин, 1980; Ильминских, 1988, 1994; Костиков, 1991; Кузяхметов, 1991, 1996; Шалару, 1996; Марина, 2000; Кузяхметов, Дубовик, 2001; Баранова, 2002, 2004; Баранова и др., 2010; Гнатюк, Крышень, 2005; Хитун, 1989, 2005).

Результаты визуализированы при помощи пакета программ STATISTICA 6.0 ® for WINDOWS (дендрограммы) и MICROSOFT ® EXCEL 2003 (диаграммы и графы). Предварительная обработка данных и описательная статистика выполнены с помощью встроенных функций MICROSOFT ® EXCEL 2003.

ГЛАВА 4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УРБАНОФЛОРЫ ЭДАФОФИЛЬНЫХ ВОДРОСЛЕЙ И ЦИАНОПРОКАРИОТ г. ИЖЕВСКА

Урбанофлора эдафофильных водорослей и цианопрокариот в пределах административной границы г. Ижевска представлена 259 видами и внутривидовыми таксонами водорослей, относящимися к 4 отделам (*Cyanoprocarvota*, *Bacillariophyta*, *Xanthophyta*, *Chlorophyta*), 8 классам, 23 порядкам, 49 семействам, 101 роду (табл. 1). По уровню видового богатства она сопоставима с описанными урбанофлорами таких городов, как Благовещенск (Республика Башкортостан) (Кузяхметов, Делидон, 1995), Уфа (Суханова, 1996), Кишинев (Ciubuc, 2005), Мелеуз (Кузнецова, 2006) и др. Основу альгофлоры составляют отделы *Cyanoprocarvota* и *Chlorophyta*, на долю которых приходится 76,9% общего

видового разнообразия. Ведущая роль принадлежит зеленым водорослям (45,6%), что является характерной чертой альгофлоры лесных экосистем (Алексашина, Штина, 1984). Соотношение *Cyanoprocaryota/Chlorophyta* составляет 0,69, что близко к аналогичному показателю (0,7), приводимому для лесов лесостепной зоны (Кузяхметов, 2006). Отношение *Cyanoprocaryota/Xanthophyta* составляет 3,0. Близкие значения (2,9 и 3,6 соответственно) приводятся для разнотравно-дерновиннозлаковых степей степной зоны (Кузяхметов, 2006), а также урбанофлоры г. Кишинева (3,2) (Ciubuc, 2005). В зональных лесных и луговых экосистемах южнотаежной подзоны этот показатель составляет соответственно 0,36 и 2,0.

Таблица 1

Таксономическая структура и пропорции флоры эдафотрофных водорослей и цианопрокариот г. Ижевска

Отдел	Количество таксонов						Пропорции флоры		
	1	2	3	4	5	6	в/р	в/с	р/с
<i>Cyanoprocaryota</i>	1	3	10	25	72	81	3,2	8,1	2,5
<i>Bacillariophyta</i>	2	7	11	13	26	35	2,7	3,2	1,2
<i>Xanthophyta</i>	3	5	10	18	27	27	1,5	2,7	1,8
<i>Chlorophyta</i>	2	8	18	45	115	118	2,6	6,5	2,5
Всего	8	23	49	101	240	259	2,6	5,3	2,1

Примечание. Таксоны: 1 – классы, 2 – порядки, 3 – семейства, 4 – роды, 5 – виды, 6 – виды и разновидности. Пропорции флоры: в/р – среднее количество видов в роде; в/с – среднее количество видов в семействе; р/с – среднее количество родов в семействе.

Ведущие порядки составляют 41,7% видового разнообразия. К ним относятся: *Chlorococcales* (56 видов и разновидностей или 21,6%), *Oscillatoriales* (43 или 16,6%), *Ulotrichales* (24 или 9,3%), *Nostocales* (21 или 8,1%), *Chlamydomonadales* (20 или 7,7%). На долю одно- и маловидовых порядков приходится 5,0% от общего числа видов и разновидностей. На уровне порядков обнаружено сходство урбанофлоры г. Ижевска и альгофлоры лесостепей Башкирского Предуралья (Большев, Штина, 1974; Шушуева, 1977; Кузяхметов, 2001, 2006).

Десять ведущих семейств (*Phormidiaceae*, *Chlamydomonadaceae* (по 20 видов и разновидностей), *Nostocaceae* (18), *Neochloridaceae* (17), *Microcystaceae* (16), *Chlorococcaceae*, *Oscillatoriaceae* (по 15), *Chlorellaceae* (14), *Pleurochloridaceae*, *Naviculaceae* (по 10)) включают 155 видов и разновидностей. Увеличение доли ведущих семейств в урбанофлоре (59,8%) свидетельствует о происходящем процессе антропогенной трансформации и позволяет отнести ее к разряду умеренно синантропизированных (Шадрин, 2000). Из всех семейств 32,7% являются одновидовыми, что характерно для бореальных флор (Гецен, 1985).

К числу 10 ведущих родов урбанофлоры относятся: *Chlamydomonas* (20 видов и разновидностей), *Phormidium* (14), *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Navicula* (по 10), *Nostoc* (8), *Plectonema*, *Anabaena* (по 6), *Microcoleus*, *Hantzschia* (по 5). На долю указанных родов приходится 36,3% от общего числа видов. Одно- и маловидовые роды составляют существенную часть родового списка – 78,2%, что может свидетельствовать об аллохтонном пути формирования урбанофлоры (Толмачев, 1986). Подобное соотношение отмечает и Г.Г. Кузяхметов (2006), указывая, что преобладание маловидовых родов является типичной особенностью почвенных альгоценозов лесостепей и степей.

Для урбанофлоры г. Ижевска характерным является преобладание малообильных видов – их доля составляет 86,5% от общего числа. Подобные соотношения отмечают Ж.Ф. Пивоварова (1976) – для альгофлор горных степей Тувы, Алтая и Тянь-Шаня; и Г.Г. Кузяхметов (2006) – для альгофлор лесостепей и степей Предуралья.

Абсолютное большинство видов относится к эдафотрофным (89,2%), доли амфибиальных и гидрофильных видов сравнительно невелики (5,8% и 5,0% соответственно). Ранжирование индексов жизненных форм в порядке убывания позволило получить спектр жизненных форм: *Ch*(43) *X*(38) *C*(35) *P*(32) *H*(31) *B*(23) *CF*(17) *amph*(15) *hydr*(13) *M*(9) *NF*(2) *PF*(2).

Таким образом, нами установлено, что, структура урбанофлоры эдафотрофных водорослей и цианопрокариот г. Ижевска сохраняет основные зональные черты, но проявляет тенденцию к постепенной смене облика и приобретению особенностей, характерных для почвенных альгофлор лесостепей и степей.

ГЛАВА 5. ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОФЛОР ЭДАФОФИЛЬНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОПРОКАРИОТ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ МЕСТООБИТАНИЙ

Ценофлора лесных фитоценозов окрестностей г. Ижевска включает 140 видов и разновидностей водорослей и цианопрокариот. Отмечено доминирование «*Chlorophyta-Xanthophyta*» комбинации, характерной для альгосинузий европейской лесной зоны (Komaromy, 1977; Алексахина, Штина, 1984). На долю этих отделов приходится 67,9% и 22,1% видового разнообразия соответственно. Доля цианопрокариот составляет 5,7%. К наиболее активным относятся виды: из отдела *Xanthophyta* – *Botrydiopsis arhiza* (4,47), *Pleurochloris imitans* (4,90), *Characiopsis minor* (4,90); *Chlorophyta* – *Chlamydomonas gloeogama* f. *gloeogama* (5,66), *Ch. peterfii* (5,00), *Chlorella vulgaris* (5,48). Флористическое ядро формируют *Botrydiopsis arhiza*, *Chloridella simplex*, *Heterothrix exilis*, *Heterococcus caespitosus*, *Chlamydomonas sectilis*, *Stichococcus chlorelloides*. Выявлено 35 дифференцирующих видов, встречающихся только в лесных местообитаниях, и не обнаруженных ни в одном из городских экотопов.

Ценофлора городских рекреационных зон насчитывает 173 вида и разновидности. Доминирующие позиции занимают *Chlorophyta* и *Cyanoprocaryota* (54,9% и 21,4% соответственно). Усиление роли цианопрокариот объясняется происходящей ксерофитизацией местообитаний. К активным видам относятся: из отдела *Cyanoprocaryota* – *Microcoleus vaginatus* f. *vaginatus* (4,90); *Chlorophyta* – *Chlamydomonas peterfii* (5,00), *Bracteacoccus minor* (4,90); *Bacillariophyta* – *Hantzschia amphioxys* var. *amphioxys* (6,32). Флористическое ядро образуют *Chlorococcum humicola*, *Hantzschia amphioxys* var. *amphioxys*, *Chlorella vulgaris* f. *vulgaris*. Дифференцирующие виды – *Fragilaria pinnata*, *Gomphonema parvulum* var. *parvulum*, *Chlamydomonas acuta*, *Protoderma viride*.

Ценофлора городских селитебных зон насчитывает 169 видов и разновидностей. Наблюдается дальнейшее увеличение доли цианопрокариот (до 36,7%). На долю *Chlorophyta* приходится 44,4%. Комплекс активных видов: из отдела *Cyanoprocaryota* – *Phormidium foveolarum* (5,48), *Microcoleus vaginatus* f. *vaginatus* (5,48), *Plectonema boryanum* f. *boryanum* (4,90); из отдела *Bacillariophyta* – *Pinnularia borealis* var. *borealis* (5,48), *Pinnularia brevicostata* (3,87), *Hantzschia amphioxys* var. *amphioxys* (6,32); из отдела *Chlorophyta* – *Chlorococcum humicola* (4,90), *Ch. echi-*

nozygotum (3,87), *Chlorella vulgaris f. vulgaris* (4,24). Флористическое ядро образуют *Jaaginema kuetzingianum*, *Schizothrix arenaria*, *Chlamydomonas gloeogama f. gloeogama*, *Characium acuminatum*. Дифференцирующие виды: *Amphora ovalis*, *Ellipsoidion solitare*, *Botrydium granulatum*.

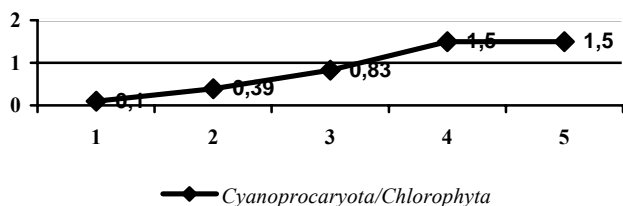
Ценофлора транспортных зон включает 74 вида и внутривидовых таксона. Участие *Chlorophyta* и *Cyanoprocaryota* оценивается в 32,4% и 50,0% соответственно. Отмечаются снижение таксономического разнообразия и господство видов-убиквистов. Активные виды: из отдела *Cyanoprocaryota* – *Phormidium foveolarum* (5,00), *Plectonema gracilimum* (4,47); из отдела *Bacillariophyta* – *Pinnularia borealis* (5,00), *Hantzschia amphioxys var. amphioxys* (5,66). Флористическое ядро образуют *Schizothrix arenaria*, *Phormidium ambiguum f. ambiguum*, *Hantzschia amphioxys var. amphioxys*, *Navicula mutica var. mutica*, *Chlamydomonas gloeogama f. gloeogama*. Дифференцирующих видов нет.

Ценофлора промышленных зон насчитывает 67 видов и разновидностей. На долю отделов *Chlorophyta* и *Cyanoprocaryota* приходится 32,8% и 50,7% соответственно. Наблюдаются повсеместное доминирование видов-убиквистов, упрощение систематической структуры, сокращение видового разнообразия и утрата альгогруппировками зональных черт. Активные виды: из отдела *Cyanoprocaryota* – *Plectonema boryanum f. boryanum* (4,90); из отдела *Bacillariophyta* – *Hantzschia amphioxys var. amphioxys* (6,32); из отдела *Chlorophyta* – *Chlorococcum humicola* (4,90), *Chlorella vulgaris f. vulgaris* (4,90), *Ch. minutissima* (5,48). Флористическое ядро образуют *Leptolyngbya angustissima f. angustissima*, *Phormidium autumnale f. autumnale*, *Plectonema gracilimum*, *Chlorella vulgaris f. vulgaris*, *Hantzschia amphioxys var. amphioxys*. В качестве дифференцирующих выявлены виды *Aphanotece heterospora*, *Synechocystis aeruginosa*, *Microcystis pulvereae f. holsatica*.

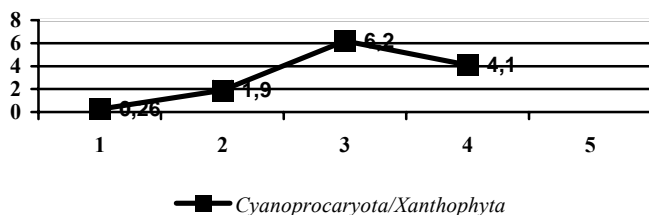
ГЛАВА 6. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОФЛОР РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ МЕСТООБИТАНИЙ

При сопоставлении основных систематических показателей ценофлоры различных типов местообитаний обнаруживают весьма существенные различия. Так, наблюдается последовательное уменьшение доли зеленых и желто-зеленых водорослей, являющихся зональными элементами альгофлоры лесных почв, и увеличение доли

цианопрокариот, характерных для альгофлор почв лесостепи и степи. На это указывает динамика показателей *Cyanoprocaryota/Chlorophyta* и *Cyanoprocaryota/Xanthophyta*. В трех ценофлорах (лесных экосистем, рекреационных и селитебных зон) значение показателя аридности *Cyanoprocaryota/Chlorophyta* меньше единицы, что считается характерной чертой альгофлор лесных и лесостепных почв (Кузяхметов, 2006); а в ценофлорах транспортных и промышленных зон - больше единицы (рис. 1а), что отмечается в альгофлорах степных почв. Показатель *Cyanoprocaryota/Xanthophyta* изменяется в сходном направлении, но более динамично: ни одна из городских ценофлор не обладает высоким разнообразием желто-зеленых водорослей, и только в ценофлоре лесных фитоценозов этот показатель достигает зональных значений (рис. 1б) (Алексахина, Штина, 1984).



а



б

Рис. 1. Динамика показателей *Cyanoprocaryota/Chlorophyta* (а) и *Cyanoprocaryota/Xanthophyta* (б) в разных ценофлорах

Примечание. Ценофлоры: 1 – лесных экосистем окрестностей города, 2 – рекреационных зон, 3 – селитебных зон, 4 – транспортных зон, 5 – промышленных зон. Значение показателя *Cyanoprocaryota/Xanthophyta* для ценофлоры промышленных зон недостоверно.

В изученных ценофлорах довольно велико число дифференцирующих видов, что определяет сравнительно низкие значения коэффициента сходства Серенсена. Также на показатели сходства влияют различия в числе видов в ценофлорах. Значения коэффициента по видовому составу колебались в пределах 0,23-0,54. Сравнительный анализ видового состава ценофлор различных типов городских местообитаний и лесных экосистем с использованием коэффициента сходства Серенсена выявил наличие двух кластеров (рис. 2). Первый включает ценофлору лесных экосистем, а также ценофлоры рекреационных и селитебных зон, сохраняющие некоторые характерные зональные особенности. Максимальный уровень сходства внутри данного кластера ($K=0,54$) обнаруживают ценофлоры рекреационных и селитебных зон, подвергающихся однотипному трансформирующему воздействию. Второй кластер объединяет ценофлоры транспортных и промышленных зон ($K=0,37$), которые утрачивают зональные особенности и характеризуются преобладанием видов-убиквистов.

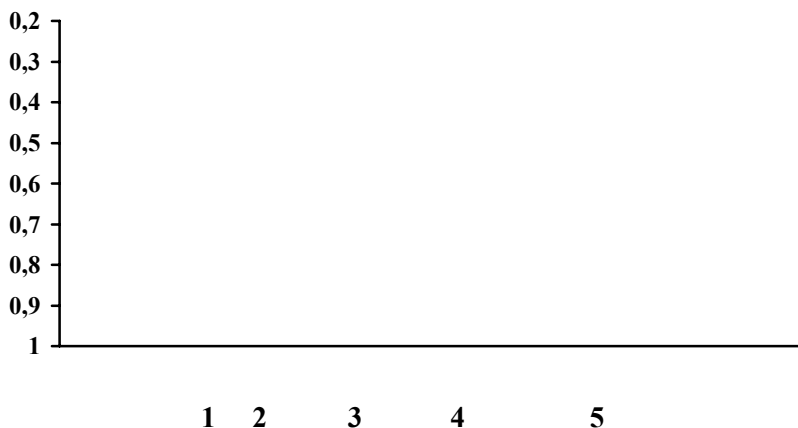


Рис. 2. Дендрограмма сходства видового состава (метод полного присоединения) исследованных ценофлор.

Примечание. По вертикальной оси – значения коэффициента Серенсена; по горизонтальной – ценофлоры (обозначения см. рис. 1).

Анализ сходства структуры исследованных ценофлор по числу видов и разновидностей с использованием коэффициента ранговой корреляции

Спирмена показал высокое сходство на уровне видовой и внутривидовой насыщенности семейств (свыше 80%) для ценофлор рекреационных и селитебных зон. Выявлено, что тесную корреляционную связь также имеют ценофлоры транспортных и промышленных зон. Ниже пороговых значений оказались связи между систематическими группами ценофлор лесных экосистем и транспортных зон, лесных экосистем и промышленных зон, поскольку перечисленные территории находятся в разных экологических условиях. На родовом уровне большое сходство выявлено между ценофлорами селитебных и транспортных зон, а связи между ценофлорами лесных экосистем и транспортных зон, лесных экосистем и промышленных зон оказались ниже минимального порога.

Анализ пропорций флор показал, что показатели отношений v/c и v/p имеют значительный разброс (3,4 - 4,8 и 1,8 - 2,4 соответственно). Даже наиболее консервативный родовой показатель обнаруживает заметные колебания (1,4 - 2,5), достигая зональных значений (2,5) только в ценофлоре рекреационных зон. Наиболее азональной по этому показателю является ценофлора транспортных зон ($p/c=1,4$). Самые высокие значения показателя v/p зафиксированы в ценофлоре селитебных зон - на каждый род в среднем приходится 2,2 вида; самые низкие - в ценофлоре промышленных зон - 1,8.

Сравнительный анализ экобиоморфной структуры показал, что во всех исследованных городских ценофлорах ведущее положение занимают представители *Ch*-, *X*-, *C*-, *P*- , *B*-форм, которые объединяют от 42% до 65% видового разнообразия ценофлор (табл. 2). Высокая степень представленности перечисленных форм во многом объясняется наличием слизистых чехлов, обверток, а также биохимических и физиологических механизмов устойчивости протопласта, что и обуславливает их стресс-толерантность.

В рассматриваемом ряду ценофлор происходит заметная перестройка экобиоморфных спектров в направлении приобретения ими черт ксерофильности. В частности, уменьшается доля амфибиальных и гидрофильных видов, являющихся зональными элементами лесных почв (Алексахина, Штина, 1984). В то же время усиливаются позиции *P*-формы; в ценофлоры транспортных и промышленных зон внедряются представители азотфиксирующих цианопрокариот (*Cf*-форма), характерных для полупустынных и пустынных почв (Перминова, 1977).

Таблица 2

Распределение видов по экологическим группам и спектры
пяти ведущих жизненных форм в разных ценофлорах

Ценофлоры	% от общего числа видов		Спектры жизненных форм
	эдафотфиль- ные	гидрофильные и амфибиальные	
Лесных фитоценозов	89,3	10,7	<i>ChXHCamph</i>
Рекреационных зон	86,1	13,9	<i>ChHXCP</i>
Селитебных зон	91,7	8,3	<i>ChPXCB</i>
Транспортных зон	100,0	-	<i>PChBCfX</i>
Промышленных зон	97,0	3,0	<i>PChBCfX</i>

На уровне жизненных форм весьма тесно связаны между собой оказались ценофлоры лесных фитоценозов, рекреационных и селитебных зон ($r=0,81-0,85$). Максимальный уровень сходства ($r=0,97$) установлен между ценофлорами транспортных и промышленных зон. Таким образом, экобиоморфный анализ также подтвердил существование двух групп ценофлор: «рекреационной», в которую входят ценофлоры рекреационных и селитебных зон, и «техногенной», объединяющей ценофлоры транспортных и промышленных зон.

ВЫВОДЫ

1. Урбанофлора эдафотфильных водорослей и цианопрокариот г. Ижевска включает 259 видов и внутривидовых таксонов. Это представители, относящиеся к 4 отделам (*Cyanoprocaryota*, *Bacillariophyta*, *Xanthophyta*, *Chlorophyta*), 8 классам, 23 порядкам, 49 семействам, 101 роду. Основу альгофлоры составляют отделы *Cyanoprocaryota* и *Chlorophyta* (45,6% и 31,3% соответственно). По уровню флористического богатства урбанофлора водорослей и цианопрокариот г. Ижевска сопоставима с урбанофлорами городов Европейской части России.

2. Сравнение ценофлоры лесных экосистем с ценофлорами городских типов экотопов выявило изменение общего характера урбанофлоры, частичную утрату ею зональных лесных черт и приобретение «лесостепного» облика за счет увеличения доли цианопрокариот, характерных для открытых пространств - степей, лугов, агроэкосистем и т.п. Соотношения позиций ведущих отделов сближают урбанофлору г. Ижевска

ска с альгофлорами разнотравно-дерновиннозлаковых степей и лесов лесостепной зоны.

3. Трансформация зональной альгофлоры в результате урбанизации проявляется в концентрации значительного количества видов в 10 ведущих семействах (59,8% общего числа); большом количестве одновидовых семейств и родов (32,7% и 52,5% соответственно). Анализ спектров ведущих таксонов и экобиоморф выявил сходство альгофлоры г. Ижевска с альгофлорой лесостепных почв Башкирского Предуралья.

4. Анализ встречаемости, доминирования и парциальной активности видов показал, что во всех рассмотренных типах местообитаний наибольшая степень жизненного преуспевания характерна для цианопрокариот (*Phormidium autumnale* f. *autumnale*, *Microcoleus vaginatus* f. *vaginatus*, *Plectonema boryanum* f. *boryanum* и др.), нитрофильных зеленых водорослей (*Chlorococcum echinozygotum*, *Characium ovatum* и др.), а также видов-убиквистов (*Nostoc linckia* f. *linckia*, *Pinnularia borealis* var. *borealis*, *Navicula mutica* var. *mutica*, *Hantzshia amphioxys* var. *amphioxys*, *Bracteacoccus minor*, *Chlorella terricola* и др.).

5. По уменьшению флористического разнообразия и обилия исследованные ценофлоры располагаются в следующем порядке: ценофлора рекреационных зон – ценофлора селитебных зон – ценофлора зон, подвергающихся воздействию транспорта – ценофлора промышленных зон. Сравнение ценофлор городских местообитаний с эталонной ценофлорой лесных экосистем показало, что наибольшее сходство с ней имеют городские рекреационные зоны ($K=0,52$), наименьшее – промышленные зоны ($K=0,23$).

6. Сравнительный анализ видового состава и экобиоморфной структуры различных ценофлор выявил наличие двух кластеров, на основании чего нами на территории г. Ижевска выделены два основных элемента пространственной дифференциации почвенной альгофлоры: ценофлоры селитебных зоны и фрагментов полуестественных фитоценозов (рекреационных зон); ценофлоры техногенных неозкотопов (транспортных и промышленных зон).

Статьи в изданиях, включенных в «Перечень научных изданий и журналов, рекомендуемых ВАК РФ»:

1. Слободин Н.П. (Аксенова) Опыт экологического анализа популяций почвенных водорослей на урбанизированных территориях // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2007. - № 1 (33). - С. 122-126.

2. Аксенова Н.П., Баранова О.Г. Краткий обзор урбанофлоры эдафофильных водорослей и цианопрокариот г. Ижевска // Вестн. Удм. ун-та. - Биология. Науки о Земле. – 2010. - Вып. 1. – С. 27-31.

3. Аксенова Н.П. Материалы к флоре эдафофильных водорослей и цианопрокариот лесных экосистем окрестностей г. Ижевска // Вестн. Удм. ун-та. - Биология. Науки о Земле. – 2010. - Вып. 2. – С. 26-33.

Другие публикации:

4. Slobodina N. Peculiarities of soil algae populations on urban territories // In: Proc. of SECOTOX-99, Fifth European Conference on Ecotoxicology and Environmental Safety (Munich, March 15-17, 1999) pp. PG 8, 1999.

5. Слободина Н.П. Парциальные альгофлоры г. Ижевска // Сравнительная флористика на рубеже III тысячелетия: достижения, проблемы, перспективы: Материалы V раб. совещ. по сравнительной флористике (Ижевск, сентябрь 1998 г.). – СПб, 2000. – С. 318-324.

6. Слободина Н.П. Анализ почвенной альгофлоры полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) в условиях крупного промышленного города // Актуальные проблемы экологии и биологии. Тез. докл. XIV Коми респуб. молод. науч. конф. (18-20 апреля 2000 г.). – Сыктывкар, 2000. – С. 205-206.

7. Слободина Н.П. Опыт качественного анализа почвенной альгофлоры в агроэкосистемах // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан: Материалы IV респуб. науч. конф. (Казань, 2000). – Казань, 2000. – С. 78-79.

8. Слободина Н.П. Изучение специфики альгофлоры нефтезагрязненных территорий // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан: Материалы IV респуб. науч. конф. (Казань, 2000). – Казань, 2000. – С. 79-80.

9. Слободина Н.П. Биоиндикационные возможности почвенной альгофлоры на урбанизированных территориях // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга. Тез. докл. XI Междун. симп. по биоиндикаторам (Сыктывкар, 17-21 сентября 2001 г.). – Сыктывкар, 2001. – С. 174-175.

10. Слободина Н.П. Качественный анализ почвенной альгофлоры урбанизированных территорий на примере г. Ижевска // Вестн. Удм. ун-та / Серия: Экология. – 2001. - № 7. С. 28-44.

11. Слободина Н.П. Качественные особенности почвенной альгофлоры железнодорожных и трамвайных путей г. Ижевска // Тез. докл. V Росс. универ.-акад. науч.-практ. конф. – 2001. - Ч. 6. – С. 88-89.

12. Слободина Н.П. Водоросли // Завьяловский район: природа, история, экономика / Отв. ред. Н.Г. Ильминских – Ижевск: Ижев. полиг. комбинат, 2001. – С. 55-57.

13. Слободина Н.П. Эколого-ценотические характеристики синузий эдафотрофных водорослей обочин автомобильных дорог г. Ижевска // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. (Ижевск, 15-18 февраля 2005 г.). – Ижевск, 2005. - Т. 2. – С. 252-254.

14. Аксенова Н.П. Некоторые особенности ценофлоры эдафотрофных водорослей и цианобактерий кладбищ г. Ижевска (Удмуртская Республика) // Сравнительная флористика: материалы Всеросс. школы-семинара по сравнительной флористике, посвящ. 100-летию «Окской флоры» А.Ф. Флерова (Рязань, 23-28 мая 2010 г.). – Вып. 2. – Ч. 2. - Рязань, 2010. – С. 143-146.

15. Аксенова Н.П. Материалы к флоре эдафотрофных водорослей и цианобактерий кладбищ г. Ижевска (Удмуртская Республика) // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. проф. Э.А. Штиной. (Киров, 11-15 октября 2010 г.). – Киров, 2010. - С. 17-21.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать 06.10.2010

Тираж 100 экз. Заказ №

Типография Удмуртского госуниверситета

426034 г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корпус 4